

ДРОБЛЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДНОЙ ПЫЛИ НА БОЛЬШИХ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ВЫСОТАХ

Е. Э. Сивкова, Д. З. Вие

Институт астрономии Российской академии наук, Москва, Россия

Рассматривается возможность дробления углистых пылевых частиц, выметаемых давлением излучения звезд в окологалактическое пространство вследствие относительного движения пылинок различных размеров. Расширена ранее разработанная модель движения пылинок различных размеров в Галактике под действием сил давления излучения, гравитации и сопротивления газа с учетом процессов разрушения. Рассматривается возможность выметания пыли с учетом ее столкновений с газом Галактики и с другими пылинками, а также уточняется диапазон размеров частиц, которые могут попасть в межгалактическое пространство благодаря описываемому механизму.

DUST DESTRUCTION AT HIGH GALACTIC ALTITUDE

E. E. Sivkova, D. Z. Wiebe

Institute of Astronomy of the RAS

The possibility of destruction carbonaceous dust particles swept out by the radiation pressure into near-galactic space due to the relative motion of dust particles of various sizes is considered. The earlier model of the motion of dust in the Galaxy under the action of radiation pressure, gravity, and gas resistance is expanded taking into account the destruction processes. The possibility of dust sweeping is considered taking into account its collisions with the gas of the Galaxy and with other dust particles. Also, we clarify the range of particle sizes that can get into intergalactic space due to the described mechanism.

Многочисленные наблюдения указывают на наличие пыли в окрестностях дисковых галактик [1–4], в том числе и Млечного Пути [5]. Выметание пыли из галактического диска, по всей видимости, происходит в большинстве дисковых галактик. На основе работы [6] разработана усовершенствованная динамическая модель выметания пылевых частиц из диска Галактики давлением излучения звезд. В модели динамика пыли определяется тремя силами: силой давления излучения, силой гравитационного притяжения и силой сопротивления межзвездного газа. В модель также включены процессы разрушения пыли, описанные в работах [7–9]. Ранее нами был детально исследован процесс выметания пылинок из нашей Галактики (Сивкова и др. // *Астрономический журнал*. В печати). Было показано, что наиболее эффективно из Галактики выметаются углистые пылинки средних размеров, а потеря массы в виде пыли составляет $0.03M_{\odot}/\text{год}$. С помощью динамической модели были рассчитаны распределения концентраций пылевых частиц по галактоцентрической высоте, необходимые для учета процесса дробления.

Проведенные нами расчеты показывают, что под действием давления излучения звезд Галактики пыль может двигаться с высокой скоростью, причем пылинки различных размеров и химического состава приобретают различные скорости как по величине, так и по направлению. В контексте данной работы рассматриваются пылевые частицы двух видов — графиты и ПАУ (полициклические ароматические углеводороды), которые отличаются плотностью вещества и оптическими свойствами. Различные сочетания этих параметров приводят к тому, что пылинки различных видов движутся друг относительно друга, причем наибольшую скорость развивают крупные пылевые частицы (радиусом 0.1 мкм).

Таким образом, мы получаем, что крупные пылинки, выметаемые из диска Галактики, испытывают высокоскоростные столкновения не только с газом, но и с мелкими пылинками.

Пылевые частицы в процессе выметания из диска Галактики могут полностью или частично (в зависимости от скорости столкновения) разрушаться за счет столкновений друг с другом. Процессы разрушения, включенные нами в модель, опираются на теоретическое описание дробления, представленное в работах [8, 10–12]. Согласно модели [13] большую часть всей массы межзвездной пыли составляют мелкие частицы, которые и вносят основной вклад в разрушение всех видов пылевых частиц.

Показано, что пылевые частицы разрушаются в процессе выметания из Галактики, однако крупные пылинки могут терять не всю свою массу и попадать в окологалактическое пространство в виде мелких пылевых частиц. Причем высоты, которых могут достигать мелкие пылинки без учета разрушения, оказываются значительно меньше, чем те, на которые попадают пылинки, испытавшие разрушение в процессе выметания из диска Галактики. Кроме того, нами показано, что в процессе выметания давлением излучения в окологалактическое пространство разрушение пылинок любых размеров и химического состава за счет столкновений с частицами газа Галактики не происходит.

Следует отметить, что использованный метод предполагает некоторые упрощения, поскольку в модели рассматривается динамика одной пылинки. Концентрация мелких пылинок не меняется в процессе столкновений с крупными частицами, поскольку считается, что при единичном столкновении мелкая пылинка уничтожается полностью, но фрагмент, отколовшийся от крупной пылинки, по размерам соответствует мелкой пыли. Кроме того, при столкновении двух крупных пылинок их размеры принимаются одинаковыми, поскольку в рамках моделей [8, 9] считается, что при столкновении двух пылинок разных размеров меньшая частица всегда разрушается полностью. В дальнейшем планируется переход от рассмотрения динамики одной пылинки к рассмотрению движения ансамбля пылевых частиц, а также к более точному определению распределения их концентраций.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-72-20089.

Библиографические ссылки

- [1] *Hirashita H., Lin C.-Y.* Dust abundance and grain size in galaxy halos // ArXiv e-prints. — 2018. 1804.00848.
- [2] *Sethi S. K., Shchekinov Y., Nath B. B.* The Mysterious 6565 Å Absorption Feature of the Galactic Halo // *Astrophys. J. Lett.* — 2017. — Vol. 850. — P. L20. 1711.00476.
- [3] *Irwin J. A., Madden S. C.* Discovery of PAHs in the halo of NGC 5907 // *Astron. and Astrophys.* — 2006. — Vol. 445, № 1. — P. 123–141. astro-ph/0509726.
- [4] *Irwin J. A., Kennedy H., Parkin T., Madden S.* PAHs in the halo of NGC 5529 // *Astron. and Astrophys.* — 2007. — Vol. 474, № 2. — P. 461–472. 0708.3808.
- [5] *Planck Collaboration, Abergel A., Ade P. A. R. et al.* Planck 2013 results. XI. All-sky model of thermal dust emission // *Astron. Astrophys.* — 2014. — Vol. 571. — P. A11. 1312.1300.
- [6] *Shustov B. M., Vibe D. Z.* The sweeping of dust out of the Galaxy // *Astronomy Reports.* — 1995. — Vol. 39. — P. 578–586.
- [7] *Murga M. S., Khoperskov S. A., Wiebe D. S.* Restructuring and destruction of hydrocarbon dust in the interstellar medium // *Astronomy Reports.* — 2016. — Vol. 60. — P. 233–251. 1612.00419.
- [8] *Hirashita Hiroyuki, Yan Huirong.* Shattering and coagulation of dust grains in interstellar turbulence // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* — 2009. — Vol. 394, № 2. — P. 1061–1074. 0812.3451.

- [9] *Murga M. S., Wiebe D. S., Sivkova E. E., Akimkin V. V.* SHIVA: a dust destruction model // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* — 2019. — Vol. 488, № 1. — P. 965–977. 1906.11308.
- [10] *Tielens A. G. G. M., McKee C. F., Seab C. G., Hollenbach D. J.* The physics of grain-grain collisions and gas-grain sputtering in interstellar shocks // *Astrophys. J.* — 1994. — Vol. 431. — P. 321–340.
- [11] *Jones A. P., Tielens A. G. G. M., Hollenbach D. J.* Grain Shattering in Shocks: The Interstellar Grain Size Distribution // *Astrophys. J.* — 1996. — Vol. 469. — P. 740.
- [12] *Hirashita H.* Shattering by turbulence as a production source of very small grains // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* — 2010. — Vol. 407. — P. L49–L53. 1006.2187.
- [13] *Jones A. P., Fanciullo L., Köhler M. et al.* The evolution of amorphous hydrocarbons in the ISM: dust modelling from a new vantage point // *Astron. Astrophys.* — 2013. — Vol. 558. — P. A62. 1411.6293.